

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-248317

(43)Date of publication of application : 27.09.1996

(51)Int.Cl.

G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 07-079399

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 13.03.1995

(72)Inventor : TAKADA KATSUHIRO

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

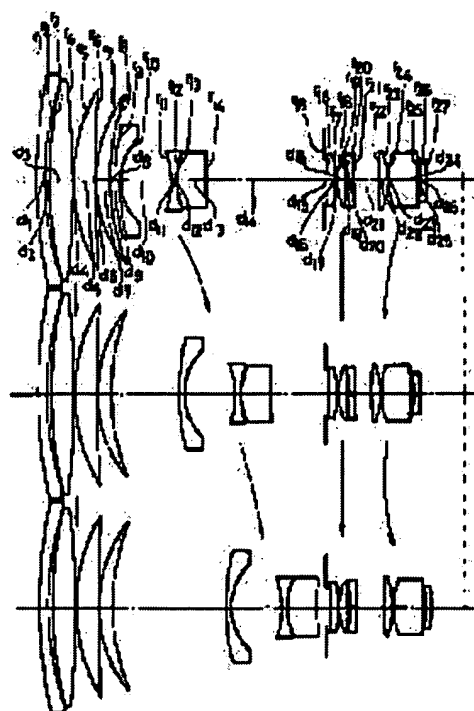
PURPOSE: To provide a compact zoom lens having well compensated chromatic aberration by compensating the variation of the position of an image plane at the time of power variation due to the movement of a second lens group by using a partial lens in a third lens group or a fourth lens group and satisfying a specified condition.

CONSTITUTION: This zoom lens is a lens system for compensating the variation of the position of an image plane at the time of power variation due to the movement of a second negative lens group by using a part of lenses in a third lens group or a fourth lens group. The

conditional relations: (1) $0.25 < 1/(vd)1n < 0.04$, (2) $0.005 < (\Delta\theta_{gd})1n < 0.02$, (3) $0 < 1/(vd)1p < 0.0166$ are

satisfied. In the relations, $\Delta\theta_{gd}$ is the difference of

ordinates from a line connecting K7 to F2 on the graph of θ_{gd} - vd by representing the Abbe number of glass for a d-line by vd and a partial dispersion ratio for a Lg line and the d-line by θ_{gd} , $(\Delta\theta_{gd})1n$, is the average value of $\Delta\theta_{gd}$ of glass used for a negative lens composing the first positive lens group and $(vd)1p$, $(vd)1n$ are the average values of vd of glass used for a positive lens and a negative lenses composing the first lens group.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8-248317

(43) 公開日 平成8年(1996)9月27日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	15/16		G 0 2 B	15/16
	13/18			13/18

審査請求 未請求 請求項の数 3

F D

(全 2 2 頁)

(21) 出願番号 特願平7-79399

(22) 出願日 平成7年(1995)3月13日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 高田 勝啓

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリン

パス光学工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 向 寛二

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

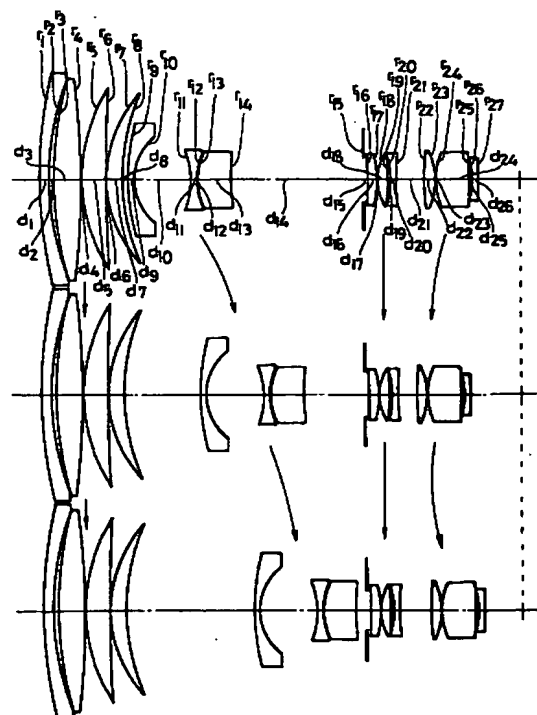
【目的】 本発明は、比較的簡単な構成で、レンズ枚数が少なく、高精細画像を取込む用途に適した画素数の多い撮像素子を用いた電子カメラに最適な高い光学性能特に色収差が良好に補正されたズームレンズを提供するものである。

【構成】 本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の第1レンズ群と、ズーミングの際光軸に沿って可動で変倍作用を有する負の第2レンズ群と、正の第3レンズ群と、正の第4レンズ群とよりなり、第3レンズ群又は第4レンズ群もしくはこれらレンズ群の一部のレンズを用いて変倍時の像位置の変動を補正するようにしたもので、下記条件を満足するレンズ系である。

$$(1) \quad 0.25 < 1 / (\nu_d)_{1n} < 0.04$$

$$(2) \quad -0.005 < (\Delta \theta_{gd})_{1n} < 0.02$$

$$(3) \quad 0 < 1 / (\nu_d)_{1p} < 0.0166$$



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームに際して光軸に沿って移動して変倍作用をする第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とよりなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはこれらレンズ群中の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するようにしたレンズ系で、下記の条件(1)、

(2)、(3)を満足するズームレンズ。

$$(1) \quad 0.25 < 1 / (v_d)_{1n} < 0.04$$

$$(2) \quad -0.005 < (\Delta \theta_{gd})_{1n} < 0.02$$

$$(3) \quad 0 < 1 / (v_d)_{1p} < 0.0166$$

ただし $\Delta \theta_{gd}$ は硝材のd線のアッベ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とするととき $\theta_{gd} - v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta \theta_{gd})_{1n}$ は第1レンズ群を構成する負レンズに用いる硝材の $\Delta \theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{1p}$ 、 $(v_d)_{1n}$ は夫々第1レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【請求項2】物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームの際に光軸に沿って移動して変倍作用をする第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とからなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはそれらレンズ群の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するレンズ系で、下記条件(4)、(5)、(6)、

(7)を満足するズームレンズ。

$$(4) \quad 0.014 < 1 / (v_d)_{2n} < 0.017$$

$$(5) \quad -0.01 < (\Delta \theta_{gd})_{2n} < 0.01$$

$$(6) \quad 0.030 < 1 / (v_d)_{2p}$$

$$(7) \quad 0.015 < (\Delta \theta_{gd})_{2p}$$

ただし $\Delta \theta_{gd}$ は硝材のd線のアッベ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とするととき $\theta_{gd} - v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta \theta_{gd})_{2p}$ 、 $(\Delta \theta_{gd})_{2n}$ は夫々第2レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の $\Delta \theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{2p}$ 、 $(v_d)_{2n}$ は夫々第2レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【請求項3】物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームに際して光軸に沿って移動して変倍作用をする第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とよりなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはそれらレンズ群の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するレンズ系で、下記条件(8)、(9)、(10)、(11)を満足するズームレンズ。

2

$$(8) \quad 0.020 < 1 / (v_d)_{34n} < 0.033$$

$$(9) \quad -0.01 < (\Delta \theta_{gd})_{34n} < 0.01$$

$$(10) \quad 0 < 1 / (v_d)_{34p} < 0.0166$$

$$(11) \quad 0.02 < (\Delta \theta_{gd})_{34p}$$

ただし $\Delta \theta_{gd}$ は硝材のd線のアッベ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とするととき $\theta_{gd} - v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta \theta_{gd})_{34p}$ 、 $(\Delta \theta_{gd})_{34n}$ は第3レンズ群、第4レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の $\Delta \theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{34p}$ 、 $(v_d)_{34n}$ は夫々第3レンズ群、第4レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、撮像管や固体撮像素子等を用いた電子カメラ特に近年の高精細画像を取込む用途に適している画素数の多い撮像素子を用いた電子カメラに最適な高い光学性能を有するズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、電子カメラは撮像面積の小さな撮像管や固体撮像素子を用いて光学像を電子信号に変換するために、これに用いる撮像レンズとしては明るいレンズ系が必要になる。又レンズ系と撮像素子との間に、ローパスフィルターや赤外線カットフィルターなどの光学部材や、RGB三原色それぞれの画像をそれぞれの撮像素子で受光するいわゆる多板式電子カメラのように、それぞれの撮像素子に光束を導く、いわゆる色分解プリズム等の光学素子を配置する必要が生じ、焦点距離に比較して大きなバックフォーカスが必要になる。

【0003】更に、これらカメラにおいては、動画像を撮影する用途が多く、撮影レンズとして高変倍率のズームレンズを用いるのが一般的である。

【0004】これらの要求を満足するレンズ系として、物体側から順に、正の屈折力を持ちズームの際に固定の第1レンズ群と、ズームに際して光軸に沿って移動し変動作用を有する負の屈折力を有する第2レンズ群、ズームに際して前後に移動して変倍の際の像面の変動を補正して一定に保つ作用を有している第3レンズ群と、ズームに際して固定で結像作用を有している正の屈折力を持つ第4レンズ群とよりなる4群ズームレンズが知られている。

【0005】また近年、カムコーダー用として、物体側から順に、正の屈折力を持ちズームに際して固定の第1レンズ群と、ズームに際して光軸に沿って移動して変倍作用を有する負の屈折力を持つ第2レンズ群と、ズームに際して固定の第3レンズ群と、ズームに際して前後に移動して変倍の際の像面の変動を補正して一定に保つ作用と結像作用とを有する正の屈折力を持つ第4レンズ群とよりなる4群ズームレンズや、物

体側から順に、正の屈折力を持ちズームの際に固定の第1レンズ群と、ズームの際に光軸に沿って移動して変倍作用を有する負の屈折力を持つ第2レンズ群と、ズームの際に前後に移動して変倍の際の像面の変動を補正して一定に保つ作用を有する正の屈折力を持つ第3レンズ群と、ズームの際に固定で結像作用を有する正の屈折力を持つ第4レンズ群からなる4群ズームレンズ等が知られている。

【0006】特に、近年の製造技術の発展により、撮像範囲の大きさに比べて画素数の非常に多い固体撮像素子が開発され、例えばハイビジョン映像のように高精細な画像を得ることが可能になった。そのために、撮像レンズも、この撮像素子の性能を十分に引き出し得るような極めて高い光学性能を有するズームレンズが必要になって来た。又、固体撮像素子が小型になり、例えば固体撮像素子の各画素の大きさが小さくなる程、高い解像力が必要になり、撮像レンズ系に対する光学性能の要求はますます高くなって来ている。

【0007】このような要求を満足するズームレンズとして、特開昭62-153913号や特開平1-126614号、特開平6-56453号、特開平6-175022号の各公報に記載されている従来例が知られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】一般に、高い光学性能を得るためには、光線をできるだけ少しづつ多くの回数屈折させて結像させることにより、各屈折面での収差の発生量が少なくなるようにすることが考えられるが、この場合、必然的に多くの枚数のレンズが必要になり、その結果、レンズ系が大型になる欠点があった。

【0009】また、ズームレンズの場合、可動群が多いために、ズームに伴う収差変動が生ずる。そのため、理想的には、各レンズ群において、収差が良好に補正されていれば、ズームの際の収差変動は生じないが、広角端から望遠端にかけて、レンズ系中の光線の通り方は、必ずしも一定ではないため、若干の収差が残存する。ズームレンズにおいて、高い光学性能を達成しようとする、この残存収差による収差変動を無視することが出来ない。そのために、ズームレンズにおいては、構成するレンズ枚数を増やして広角端から望遠端にかけてレンズ群を複雑な移動をさせて、収差変動を補正するようにするので大型化する。

【0010】一方、近年ハイビジョン等の高精細画像を取込むカメラが一般化し、多くの分野で利用されるようになり、様々な条件下で利用する必要性から撮影カメラやレンズ系を小型化する要求が強くなっている。そのために、出来るだけ少ないレンズ枚数で、簡単な群構成であって、しかもより高い光学性能にしなければならない。しかしレンズ枚数を少なくすると、球面収差等の単色収差は、非球面レンズを採用する等の手段により補正

が可能であるが、少ない枚数のレンズの組合わせによって色収差を良好に補正することは極めて困難である。

【0011】前述の従来のズームレンズのうち、特公昭62-153913号、特開平1-126614号、特開平6-56453号公報等に記載されているズームレンズは、高精細な画像を取込むために、高い光学性能を達成したレンズ系であるが、例えば特開平1-126614号公報に記載されているレンズ系は2つのコンペンセータを含む5つのレンズ群からなり、レンズ群数の多い複雑な構成であると共に移動形式も複雑である。又、特開平6-175022号公報に記載されたレンズ系は4群構成であるが、軸上色収差がまだ十分に補正されているとはいえない。

【0012】本発明は比較的簡単な構成であって、レンズ枚数が少なく、又撮像管や固体撮像素子等を用いた電子カメラ、特に近年の高精細画像を取込む用途に適した画素数の多い撮像素子を用いた電子カメラに最適な高い光学性能、特に色収差を良好に補正した小型なズームレンズを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームの際に光軸に沿って移動して変倍作用をする第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とよりなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはこれらレンズ群中の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するようにしたレンズ系で、下記の条件(1)、(2)、

(3)を満足することを特徴としている。

【0014】

$$(1) \quad 0.25 < 1 / (v_d)_{1n} < 0.04$$

$$(2) \quad -0.005 < (\Delta \theta_{gd})_{1n} < 0.02$$

$$(3) \quad 0 < 1 / (v_d)_{1p} < 0.0166$$

ただし $\Delta \theta_{gd}$ は硝材のd線のアッペ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とすると $\theta_{gd} - v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta \theta_{gd})_{1n}$ は第1レンズ群を構成する負レンズに用いる硝材の $\Delta \theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{1p}$ 、 $(v_d)_{1n}$ は夫々第1レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【0015】図25は、 $\theta_{gd} - v_d$ グラフで、線Aがこのグラフ上でのK7とF2とを結ぶ線である。この図には示していないが、周知のように普通のガラスの多くはほぼこの線に従って分布している。

【0016】ここで $\Delta \theta_{gd}$ は、前記のように $\theta_{gd} - v_d$ のグラフ中でK7($n_d = 1.51112$ 、 $v_d = 60.5$)とF2($n_d = 1.62004$ 、 $v_d = 36.3$)のグラフ上の点を結んだ線からの上下方向(縦軸方向)のずれ量を表わしている。即ち図25に示す点K7

と点F2を結んだ線Aを上方又は下方に $\Delta\theta_{gd}$ の値だけ平行移動した線を示している。したがって、条件(2)の上限の $\Delta\theta_{gd}=0.04$ は、線A₁、又下限の $\Delta\theta_{gd}=0.025$ は線A₂に当る。又条件(1)は、逆数にすれば $40 > (v_d)_{1n} > 25$ になり、上限はグラフ上で線B₁、下限はグラフ上で線B₂となる。したがって、条件(1)、(2)を合わせると、線A₁、A₂、B₁、B₂で囲まれた斜線部分が条件(1)、条件(2)の範囲内である。つまり本発明では、第1レンズ群中の負レンズが、平均すると前記斜視の範囲内に含まれることを意味している。

【0017】又本発明のズームレンズの第2の構成のレンズ系として次のものがある。即ち、物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームングの際に光軸に沿って移動して変倍作用を第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とからなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはそれらレンズ群の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するレンズ系で、下記条件(4)、(5)、(6)、(7)を満足するズームレンズである。

【0018】

$$(4) \quad 0.014 < 1 / (v_d)_{2n} < 0.017$$

$$(5) \quad -0.01 < (\Delta\theta_{gd})_{2n} < 0.01$$

$$(6) \quad 0.030 < 1 / (v_d)_{2p}$$

$$(7) \quad 0.015 < (\Delta\theta_{gd})_{2p}$$

ただし $\Delta\theta_{gd}$ は硝材のd線のアッペ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とするととき $\theta_{gd}-v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta\theta_{gd})_{2p}$ 、 $(\Delta\theta_{gd})_{2n}$ は夫々第2レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の $\Delta\theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{2p}$ 、 $(v_d)_{2n}$ は夫々第2レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【0019】更に本発明のズームレンズの第3の構成のレンズ系として次に述べるものもある。即ち、物体側から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームングの際に光軸に沿って移動して変倍作用をする第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、正の屈折力を持つ第4レンズ群とよりなり、前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群もしくはそれらレンズ群の一部のレンズを用いて前記第2レンズ群の移動による変倍時の像面位置の変動を補正するレンズ系で、下記条件(8)、(9)、(10)、(11)を満足するズームレンズ。

【0020】

$$(8) \quad 0.020 < 1 / (v_d)_{34n} < 0.033$$

$$(9) \quad -0.01 < (\Delta\theta_{gd})_{34n} < 0.01$$

$$(10) \quad 0 < 1 / (v_d)_{34p} < 0.0166$$

$$(11) \quad 0.02 < (\Delta\theta_{gd})_{34p}$$

ただし $\Delta\theta_{gd}$ は硝材のd線のアッペ数を v_d としg線、d線に対する部分分散比を θ_{gd} とするととき $\theta_{gd}-v_d$ グラフ上でK7とF2とを結ぶ直線からの縦座の差、 $(\Delta\theta_{gd})_{34p}$ 、 $(\Delta\theta_{gd})_{34n}$ は第3レンズ群、第4レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の $\Delta\theta_{gd}$ の平均値、 $(v_d)_{34p}$ 、 $(v_d)_{34n}$ は夫々第3レンズ群、第4レンズ群を構成する正レンズおよび負レンズに用いる硝材の v_d の平均値である。

【0021】カムコーダー用ズームレンズ等の小型なズームレンズを達成するためには、前述のように、物体側から順に、正の屈折力を持ちズームングの際に固定の第1レンズ群と、ズームングの際に光軸に沿って移動して変倍作用を有する負の屈折力を持つ第2レンズ群と、ズームングの際に固定の第3レンズ群と、ズームングの際に前後に移動して変倍による像面の変動を補正して一定に保つ作用と結像作用とを有する正の屈折力を持つ第4レンズ群とからなる4群ズームレンズや、物体側から順に、正の屈折力を持ちズームングの際に固定の第1レンズ群と、ズームングの際に光軸に沿って移動し、変動作用を有する負の屈折力を持つ第2レンズ群と、ズームングの際に前後に移動して変倍の際の像面の変動を補正して一定に保つ作用を有し正の屈折力を持つ第3レンズ群と、ズームングの際に固定であって結像作用を有し正の屈折力を持つ第4レンズ群とからなる4群ズームレンズがある。

【0022】これら従来のズームレンズは、簡単な構成であり、しかも可動群を動かすスペースを効率よく確保した小型化に適したズームタイプであるが、小型化を図るために各レンズ群の構成枚数を少なくして屈折力を強くしているために収差変動が大になる欠点がある。

【0023】そのため、非球面レンズを用いて収差補正を行なうようにした従来例が増えている。しかし非球面レンズは、単色収差の補正には効果があるが、色収差を補正する能力はなく、単に非球面レンズを用いだけでは高精細画像を取り込む結像レンズとして要求される光学性能を達成できない。前記のような構成枚数の少ないレンズ系にて色収差を十分良好に補正するためには、使用する硝材を、光学特性を十分考慮して選択する必要がある。

【0024】特に銀塩カメラや電子カメラ等は、色収差の補正対象となる波長が広範囲にわたり、いわゆる2次スペクトルの補正が極めて重要になり、使用する硝材の光学特性も屈折率とアッペ数のみならず異常分散特性を十分に考慮しなければならない。更にC線およびF線の色収差を補正する1次の色収差と2次スペクトルの補正や、色収差の補正と単色収差の補正とは矛盾する場合が多く、両者を良好に補正することは困難である。

【0025】本発明は、レンズ材料として使用する硝材の光学特性を検討し、単色収差や1次の色収差、2次ス

ペクトル等を良好に補正したものである。

【0026】本発明のズームレンズにおいて、第1レンズ群は、広角端から望遠端にかけて、レンズ系を通過する光線の挙動が大きく変動するため、特に第1レンズ群単独で諸収差が十分補正されていなければならない。色収差を補正する観点から考えると、第1レンズ群は、正の屈折力を有するので、負レンズには高分散の硝材を、正レンズには低分散の硝材を用いる必要がある。しかし、このような硝材の組み合わせによる色収差の補正は、1次の色消し即ち、C線とF線とで発生する色収差を等しくする補正であり、2次スペクトルの補正には有効ではなく、更に硝材が限定される。

【0027】本発明のズームレンズのように、銀塩カメラや電子カメラ等の撮影レンズは、通常g線などの短波長域での2次スペクトルが問題となり、1次の色収差を補正するためにg線に対する色収差は大きく正方向に発生する。したがって、2次スペクトルを補正するためには、g線に対する色収差を負の方向に戻す必要がある。そのためには、正レンズのg線に対する屈折率を相対的に高くするか、あるいは負レンズのg線に対する屈折率を相対的に低くすればよい。

【0028】ここで、硝材の短波長域での異常分散性を示す $\Delta\theta_{gd}$ を考えると、g線の屈折率を相対的に高くするためには、 $\Delta\theta_{gd}$ の値を大にし又g線の屈折率を相対的に低くするためには、 $\Delta\theta_{gd}$ の値を小にすればよい。つまり、正レンズは、 $\Delta\theta_{gd}$ の値を大にし、負レンズは $\Delta\theta_{gd}$ の値を小にすればよい。この条件は、レンズ系全体の色収差の振る舞いとg線に対する屈折率との関係により得られるもので、レンズ群の正負には関係しない。

【0029】次に、ガラスマップを検討すると、アップベ数の小さい高分散硝材は、 $\Delta\theta_{gd}$ の値が大でありアップベ数が大きくなるにしたがって $\Delta\theta_{gd}$ は減少する。そしておおざっぱに分類すると、おおよそ $\nu_d = 35$ 近傍で $\Delta\theta_{gd}$ は0の近傍の値になり、おおよそ $\nu_d = 60$ 近傍までの間は $|\Delta\theta_{gd}|$ の値の小さいいわゆるノーマルガラスと、 $\Delta\theta_{gd}$ が負の大きな値を持つランタン系ガラスの2種類が分布する。ノーマルガラスは、おおよそ $\nu_d = 70$ 近辺まで存在するが、おおよそ $\nu_d = 63$ 近辺から大きな値になると $\Delta\theta_{gd}$ の値の大きいいわゆる異常分散ガラスが分布するようになる。

【0030】本発明のレンズ系において、第1レンズ群中の負レンズは、1次の色補正のためには高分散硝材を用いるのが好ましいが、高分散硝材は $\Delta\theta_{gd}$ が大になりすぎるため2次スペクトルの補正には不適當である。又第1レンズ群の正レンズに用いる硝材としては、低分散で $\Delta\theta_{gd}$ の値が大きいいわゆる異常分散ガラスが適しているが、屈折率が低くなるために他の単色収差の補正が困難になる。

【0031】以上の点を考え、本発明のズームレンズは、第1レンズ群を前記の条件(1)、(2)、(3)

を満足するようにした。

【0032】条件(1)の上限を越えると負レンズの分散が大きくなり、1次の色補正にとっては好ましいが、2次スペクトルを補正するための条件である条件(2)を満足する硝材を選択することが困難になる。また条件(1)の下限を越えると負レンズの分散が小になり、1次の色補正が困難になり、特に広角端における倍率の色収差が大きく残存することになる。

【0033】条件(2)の上限を越えると、負レンズの異常分散性が逆方向に動き、特に望遠端での軸上色収差の補正が困難になり、下限を越えると条件(1)を満足する硝材が得られなくなる。

【0034】条件(3)の上限を越えると正レンズに用いる硝材としては分散が大きくなりすぎて、広角端での倍率の色収差の補正が困難になる。

【0035】上記のズームレンズにおいて、2次スペクトルの補正を一層良好にするためには、次の条件(12)を満足することが望ましい。

【0036】(12) $0.02 < (\Delta\theta_{gd})_{1p}$
ここで $(\Delta\theta_{gd})_{1p}$ は第1レンズ群の正レンズの $\Delta\theta_{gd}$ の平均値である。

【0037】この条件(12)の下限を越えると正レンズでの2次スペクトルの補正効果が十分に得られず高度な色補正が困難になる。

【0038】第1レンズ群の正レンズによる2次スペクトルの補正作用を一層増大せしめるためには、下記条件(12')を満足することが好ましい。

(12') $0.03 < (\Delta\theta_{gd})_{1p}$

【0039】本発明のズームレンズの第1レンズ群は、広角端においては広い画角の軸外光線を又、望遠端においては光線高の高い軸上光線を滑らかに曲げて第2レンズ群へ導く必要がある。そのために、この第1レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと少なくとも2枚の正レンズとから構成し、更に像側の正レンズを物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズにすることが望ましい。

【0040】更に、前記の第1レンズ群の少なくとも2枚の正レンズのうち物体側の正レンズは、メニスカス形状もしくは両凸形状で屈折力を強くすることが好ましい。ここで単色収差特にベッツバール和を良好に補正するためには、物体側の正レンズの屈折率を像側の正レンズの屈折率と同じかもしくは高くすることが望ましい。

【0041】次に本発明のズームレンズにおいて、第2レンズ群は負の屈折力のレンズ群であり、主として変倍を担当するレンズ群であるので、その屈折力が大にあって、しかもズーミングに際して大きく移動するので、収差変動が問題になる。そこで、第2レンズ群での特に単色収差の発生を抑えるためには、負レンズの枚数を増やして負の屈折力を分散させることが好ましい。しかし色収差を考えると特に広角端における負の倍率の色収差の

発生が大であってその補正が極めて難しくなる。したがって、第2レンズ群は、物体側から順に、像側に負の屈折力の強いほうの面を向けた負レンズと、負レンズと、物体側に正の屈折力との強い方の面を向けた正レンズにて構成し、使用する硝材を適切に選択するのが好ましい。

【0042】この第2レンズ群は、負の屈折力を持つために、第1レンズ群とは逆の構成つまり負レンズには低分散の硝材を、正レンズには高分散の硝材を配置することが1次の色消し条件になる。しかし2次スペクトルの補正のためには、第1レンズ群と同じように正レンズには $\Delta\theta_{gd}$ を大きく又負レンズには $\Delta\theta_{gd}$ を小さくすることが好ましい。

【0043】これらの点を考慮して適切な硝材を検討した結果、前掲の条件(4)、(5)、(6)、(7)を満足することが望ましいことを見出した。

【0044】条件(4)の上限を越えると負レンズの分散が大になりすぎて1次の色補正が困難になり、広角端における倍率の色収差や望遠端における軸上色収差を同時に補正することが困難になる。また下限を越えると負の分散が小さくなりすぎてこのレンズ群での2次スペクトルの補正のための条件(5)を満足する硝材の選択が難しくなる。

【0045】条件(5)の上限を越えると2次スペクトルの補正効果が減少するとともに、使用出来る硝材が低屈折率又は高分散の硝材に限定される。前者の低分散の硝材の場合、負レンズで発生する負のペッツバル和が大になりすぎて像面湾曲が補正できなくなり、又後者の高分散の硝材の場合、1次の色補正が困難になる。又条件(5)の下限を越えると屈折率の高いランタン系の硝材に限定されて分散が大きくなり、1次の色補正が不十分になる。

【0046】条件(6)の下限を越えると正レンズの分散が小さくなり、1次の色補正が不十分で、広角端における倍率の色収差や望遠端における軸上色収差を同時に補正することが困難になる。

【0047】条件(7)の下限を越えると条件(6)を満足する硝材の選択が困難になる。

【0048】第2レンズ群において正レンズによる2次スペクトルの補正効果を高めるためには、条件(7')、更に高めるためには条件(7'')を満足することが望ましい。

$$(7') \quad 0.020 < (\Delta\theta_{gd})_{2p}$$

$$(7'') \quad 0.025 < (\Delta\theta_{gd})_{2p}$$

【0049】更に、本発明のズームレンズにおいて、第3レンズ群と第4レンズ群は、第2レンズ群を射出した発散光束を結像させるレンズ群であって、第3レンズ群又は第4レンズ群、あるいはこれら第3、第4レンズ群の一部のレンズがコンペンセーターの役割を持ち、ズームリングに際して光軸上を前後に移動させる。しかし、こ

れら移動距離は比較的小であるため広角端から望遠端にかけての収差の発生状況は比較的安定している。

【0050】これら第3レンズ群、第4レンズ群は、いずれも正のレンズ群であるため、第1レンズ群と同様の考えで収差補正を行なえばよいが、第3、第4レンズ群は、結像レンズ群であるため正の屈折力が強く色収差以外の収差特にペッツバル和に及ぼす影響を考慮しなければならない。この点を考慮して第3、第4レンズ群に関して硝材を検討した結果、前掲の条件(8)、

(9)、(10)、(11)を満足することが望ましいことを見出した。

【0051】条件(8)の上限を越えると負レンズの分散が大きくなり1次の色補正には有利であるが、条件(9)を満足する $\Delta\theta_{gd}$ の硝材を選択することが困難になる。また条件(8)の下限を越えると負レンズの分散が小さくなり、1次の色補正が困難になり、広角端における倍率の色収差と望遠端における軸上色収差を同時に補正することが困難になる。

【0052】条件(9)の上限を越えると2次スペクトルを補正する方向とは逆方向になり、又下限を越えると条件(8)を満足する硝材を得ることが困難になる。

【0053】条件(10)の上限を越えると正レンズの分散が大きくなりすぎて1次の色補正が困難になり広角端における倍率の色収差と望遠端における軸上色収差を同時に補正することが困難である。

【0054】条件(11)の下限を越えると2次スペクトルの補正効果が小さくなり、所望の色収差性能が得られない。

【0055】上記の条件(10)、(11)を満足する低分散硝材は、屈折率が小さくペッツバルが悪化するおそれがある。これを防ぐために、第4レンズ群を、物体側より順に、正の屈折力を有する第41レンズ群と負の屈折力を有する第42レンズ群とにて構成することが好ましい。第4レンズ群をこのような構成にすることによって第2レンズ成分の負の屈折力を増大させてペッツバル和の補正を行なってもこの第2レンズ成分を通過する軸上光線高が低く他の収差への影響を最小にすることが出来る。又ペッツバル和を良好に補正するためには、正レンズの屈折率を出来るだけ高くすることが望ましく具体的には、下記条件(13)を満足することが望ましい。

【0056】

$$(13) \quad 1.48 < (n_e)_{34p} < 1.65$$

ただし、 $(n_e)_{34p}$ は第3レンズ群、第4レンズ群を構成する正レンズのe線での屈折率の平均値である。

【0057】条件(13)の上限を越えると条件(11)を満足する硝材を選択することができなくなり、又下限を越えるとペッツバル和の悪化が著しく、負レンズの屈折力を大きくしても他の収差の悪化を招かずに補正することが出来ない。

【0058】また、倍率の色収差の補正のために第1レンズ群に用いる負レンズに高分散の硝材を用いる必要性が高いときは、第3レンズ群と第4レンズ群での2次スペクトルの補正効果を高めることが望ましい。具体的には、下記条件(9')、(11')を満足することが望ましい。

$$\text{【0059】}(9') \quad -0.005 < (\Delta \theta_{gd})_{34n} < 0.005$$

$$(11') \quad 0.025 < (\Delta \theta_{gd})_{34p}$$

本発明レンズ系において、更に収差を良好に補正するためには下記条件(14)、(15)、(16)、(17)、(18)、(19)を満足することが望ましい。

【0060】

$$(14) \quad 0.10 < \phi_1 / \phi_w < 0.21$$

$$(15) \quad 0.54 < |\phi_2 / \phi_w| < 0.76$$

$$(16) \quad 0.10 < \phi_3 / \phi_w < 0.26$$

$$(17) \quad 0.26 < \phi_4 / \phi_w < 0.45$$

$$(18) \quad 0.19 < |\phi_{42} / \phi_w| < 0.48$$

$$(19) \quad 0.38 < |\phi_{42} / \phi_{41}| < 0.74$$

ただし、 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 、 ϕ_4 、 ϕ_{41} 、 ϕ_{42} は夫々第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群、第4レンズ群の第1レンズ成分および第4レンズ群の第2レンズ成分の屈折力、 ϕ_w は広角端における全系の屈折力である。

【0061】条件(14)の上限を越えて第1レンズ群の屈折力が大になると第2レンズ群の屈折力も大にしないとバランスがとれなくなり、レンズ系のバックフォーカスの確保や全長を短くするためには有利であるが、諸収差特に望遠端での球面収差、コマ収差、非点収差が悪化し他のレンズ群で補正出来ない。又条件(14)の下

限を越えて第1レンズ群の屈折力が小になると第3レンズ群や第4レンズ群で発生する軸上色収差や倍率の色収差および球面収差の補正が困難になり特に広角端から中間焦点距離にかけての残存収差が大きくなる。

【0062】条件(15)の上限を越えて第2レンズ群の屈折力が大になると、レンズ系のバックフォーカスの確保と全長を短くするためには有利であるが、正のレンズ群中のいずれかのレンズ群の屈折力を増大させる必要があり、そのため広角端から望遠端にかけての諸収差の変動時に倍率の色収差の変動が大きい。また条件(1

5)の下限を越えて第2レンズ群の屈折力が小になると変倍比を確保するためには、第2レンズ群の移動距離を大にしなければならずレンズ系が大型になる。更に正のレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正することが困難になり、球面収差の変動が大になる。

【0063】条件(16)の上限を越えて第3レンズ群の屈折力が大になるか、条件(17)の下限を越え第4*

$$f = 9.061 \sim 25.464 \sim 71.998, \quad F/2.0$$

$$2\omega = 49.947^\circ \sim 18.297^\circ \sim 6.327^\circ$$

$$r_1 = 139.5134$$

*レンズ群の屈折力が小になると正の屈折力が第3レンズ群に集まり、特に軸上色収差と倍率の色収差の発生の割合が変化し、広角端から望遠端にかけてバランス良く補正することが困難になり、広角端での倍率の色収差あるいは望遠端において軸上色収差が大きく残存する。ここで色収差の補正を優先させた場合、特にメリディオナル像面の変動が大きくなり補正が困難になる。また条件(16)の下限を越えて第3レンズ群の屈折力が小になるか条件(17)の上限を越えて第4レンズ群の屈折力が大になると正の屈折力が第4レンズ群に集まり、第4レンズ群にて発生する球面収差や軸上色収差が増大し補正が困難になる。

【0064】条件(18)の上限を越えて $|\phi_{42} / \phi_w|$ の値が大になるか条件(19)の上限を越えて $|\phi_{42} / \phi_{41}|$ の値が大になると、第4レンズ群内における軸上光線に対する補正寄与と軸外光線に対する補正寄与が変化してバランスをとることが困難になり、広角端での色収差、望遠端でのメリディオナル像面湾曲、広角端から中間焦点距離にかけてのコマ収差が大きく残存し好ましくない。逆に条件(18)の下限を越えて $|\phi_{42} / \phi_w|$ の値が小さくなるか条件(19)の下限を越えて $|\phi_{42} / \phi_{41}|$ の値が小さくなると広角端から望遠端にかけてのメリディオナル像面湾曲と軸上色収差の変動が大きくなる。更に中間焦点距離から望遠端にかけての球面収差が大きく残存し補正することが困難になる。

【0065】更に条件(14)乃至条件(19)においてその上下限の値を下記条件(14')乃至(19')に示すようにすれば一層望ましい。

【0066】

$$(14') \quad 0.12 < \phi_1 / \phi_w < 0.17$$

$$(15') \quad 0.57 < |\phi_2 / \phi_w| < 0.73$$

$$(16') \quad 0.10 < \phi_3 / \phi_w < 0.23$$

$$(17') \quad 0.30 < \phi_4 / \phi_w < 0.41$$

$$(18') \quad 0.22 < |\phi_{42} / \phi_w| < 0.45$$

$$(19') \quad 0.41 < |\phi_{42} / \phi_{41}| < 0.70$$

更に条件(14)、(16)、(19)の代りに下記条件(14''), (16''), (19'')を満足することが望ましい。

$$(14'') \quad 0.125 < \phi_1 / \phi_w < 0.145$$

$$(16'') \quad 0.17 < \phi_3 / \phi_w < 0.23$$

$$(19'') \quad 0.45 < |\phi_{42} / \phi_{41}| < 0.70$$

【0067】

【実施例】次に本発明のズームレンズの各実施例を示す。

実施例1

13			14
$d_1 = 2.5000$	$n_1 = 1.81264$	$\nu_1 = 25.43$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0165$
$r_2 = 80.9589$			
$d_2 = 1.0000$			
$r_3 = 103.9774$			
$d_3 = 7.2273$	$n_2 = 1.43985$	$\nu_2 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_4 = -249.3944$			
$d_4 = 0.1500$			
$r_5 = 48.1566$			
$d_5 = 6.3422$	$n_3 = 1.43985$	$\nu_3 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_6 = 390.6397$			
$d_6 = 0.1500$			
$r_7 = 36.0540$			
$d_7 = 4.2911$	$n_4 = 1.43985$	$\nu_4 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_8 = 61.0815$			
$d_8 = D_1$ (可変)			
$r_9 = 61.5748$			
$d_9 = 1.5000$	$n_5 = 1.60548$	$\nu_5 = 60.70$	$\Delta \theta_{gd} = -0.0032$
$r_{10} = 15.7087$			
$d_{10} = 14.9271$			
$r_{11} = -21.1656$			
$d_{11} = 1.5000$	$n_6 = 1.60548$	$\nu_6 = 60.70$	$\Delta \theta_{gd} = -0.0032$
$r_{12} = 20.7844$			
$d_{12} = 0.1500$			
$r_{13} = 20.6360$			
$d_{13} = 8.6002$	$n_7 = 1.84281$	$\nu_7 = 21.00$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0356$
$r_{14} = 57.3063$			
$d_{14} = D_2$ (可変)			
$r_{15} = \infty$ (絞り)			
$d_{15} = 1.0000$			
$r_{16} = -331.3956$			
$d_{16} = 2.5000$	$n_8 = 1.57098$	$\nu_8 = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{17} = -32.3660$			
$d_{17} = 0.1500$			
$r_{18} = 15.8324$			
$d_{18} = 2.5000$	$n_9 = 1.57098$	$\nu_9 = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{19} = -158.1052$			
$d_{19} = 0.8531$			
$r_{20} = -26.1704$			
$d_{20} = 1.5000$	$n_{10} = 1.80642$	$\nu_{10} = 34.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0003$
$r_{21} = 80.3910$			
$d_{21} = D_3$ (可変)			
$r_{22} = 70.0995$			
$d_{22} = 2.8000$	$n_{11} = 1.57098$	$\nu_{11} = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{23} = -20.7695$			
$d_{23} = 0.1500$			
$r_{24} = 19.7179$			
$d_{24} = 8.7237$	$n_{12} = 1.57098$	$\nu_{12} = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{25} = -105.4606$			
$d_{25} = 0.7647$			
$r_{26} = -18.6567$			

15			16
$d_{26}=1.5000$	$n_{13}=1.85649$	$v_{13}=32.28$	$\Delta \theta_{gd}=0.0022$
$r_{27}=-174.0609$			
f	9.061	25.464	71.998
D_1	1.4000	19.7747	33.1226
D_2	34.6787	16.2987	2.9565
D_3	7.3055	4.8140	8.0961
$1 / (v_d)_{1n}=0.039, 1 / (v_d)_{1p}=0.011, (\Delta \theta_{gd})_{1n}=0.017$ $(\Delta \theta_{gd})_{1p}=0.062, 1 / (v_d)_{2n}=0.017, 1 / (v_d)_{2p}=0.048$ $(\Delta \theta_{gd})_{2n}=-0.003, (\Delta \theta_{gd})_{2p}=0.036, 1 / (v_d)_{34n}=0.030$ $1 / (v_d)_{34p}=0.014, (\Delta \theta_{gd})_{34n}=0.001$ $(\Delta \theta_{gd})_{34p}=0.027, (n_e)_{34p}=1.571, \phi_1 / \phi_w=0.136$ $ \phi_2 / \phi_w =0.691, \phi_3 / \phi_w=0.182, \phi_4 / \phi_w=0.392$ $ \phi_{42} / \phi_w =0.370, \phi_{42} / \phi_{41} =0.609$			

【0068】実施例2

$f=9.046 \sim 25.465 \sim 71.992, F/2.0$			
$2\omega=50.417^\circ \sim 18.243^\circ \sim 6.344^\circ$			
$r_1=152.3247$			
$d_1=2.5000$	$n_1=1.81264$	$v_1=25.43$	$\Delta \theta_{gd}=0.0165$
$r_2=83.1327$			
$d_2=1.0000$			
$r_3=103.0268$			
$d_3=5.5936$	$n_2=1.43985$	$v_2=94.97$	$\Delta \theta_{gd}=0.0622$
$r_4=-236.3738$			
$d_4=0.1500$			
$r_5=48.2477$			
$d_5=5.9198$	$n_3=1.43985$	$v_3=94.97$	$\Delta \theta_{gd}=0.0622$
$r_6=440.1637$			
$d_6=0.1500$			
$r_7=34.9932$			
$d_7=4.0660$	$n_4=1.43985$	$v_4=94.97$	$\Delta \theta_{gd}=0.0622$
$r_8=61.8422$			
$d_8=D_1$ (可変)			
$r_9=72.3857$			
$d_9=1.5000$	$n_5=1.60548$	$v_5=60.70$	$\Delta \theta_{gd}=-0.0032$
$r_{10}=14.5704$			
$d_{10}=12.4293$			
$r_{11}=-19.9601$			
$d_{11}=1.5000$	$n_6=1.60548$	$v_6=60.70$	$\Delta \theta_{gd}=-0.0032$
$r_{12}=21.1642$			
$d_{12}=0.1500$			
$r_{13}=21.0503$			
$d_{13}=6.1625$	$n_7=1.84281$	$v_7=21.00$	$\Delta \theta_{gd}=0.0356$
$r_{14}=69.8615$			
$d_{14}=D_2$ (可変)			
$r_{15}=\infty$ (絞り)			
$d_{15}=1.0000$			
$r_{16}=-287.7720$			
$d_{16}=2.5000$	$n_8=1.57098$	$v_8=71.30$	$\Delta \theta_{gd}=0.0266$
$r_{17}=-30.3056$			
$d_{17}=0.1500$			

17				18
$r_{18}=16.9576$				
$d_{18}=2.5000$	$n_9=1.57098$	$v_9=71.30$	$\Delta\theta_{gd}=0.0266$	
$r_{19}=-87.5745$				
$d_{19}=2.0057$				
$r_{20}=-25.8774$				
$d_{20}=1.2000$	$n_{10}=1.80642$	$v_{10}=34.97$	$\Delta\theta_{gd}=0.0003$	
$r_{21}=66.8633$				
$r_{22}=61.9059$				
$d_{22}=2.8000$	$n_{11}=1.57098$	$v_{11}=71.30$	$\Delta\theta_{gd}=0.0266$	
$r_{23}=-21.0746$				
$d_{23}=0.1500$				
$r_{24}=21.0941$				
$d_{24}=7.3060$	$n_{12}=1.57098$	$v_{12}=71.30$	$\Delta\theta_{gd}=0.0266$	
$r_{25}=-79.5816$				
$d_{25}=0.7497$				
$r_{26}=-21.1787$				
$d_{26}=1.2000$	$n_{13}=1.85649$	$v_{13}=32.28$	$\Delta\theta_{gd}=0.0022$	
$r_{27}=-356.0244$				
$d_{27}=1.0000$				
$r_{28}=\infty$				
$d_{28}=7.0000$	$n_{14}=1.51825$	$v_{14}=64.15$		
$r_{29}=\infty$				
f	9.046	25.465	71.992	
D_1	1.4000	19.8294	33.1916	
D_2	34.3586	15.9299	2.5658	
D_3	8.2701	5.1604	7.9118	
$1/(v_d)_{1n}=0.039$	$1/(v_d)_{1p}=0.011$	$(\Delta\theta_{gd})_{1n}=0.017$		
$(\Delta\theta_{gd})_{1p}=0.062$	$1/(v_d)_{2n}=0.017$	$1/(v_d)_{2p}=0.048$		
$(\Delta\theta_{gd})_{2n}=-0.003$	$(\Delta\theta_{gd})_{2p}=0.036$	$1/(v_d)_{34n}=0.030$		
$1/(v_d)_{34p}=0.014$	$(\Delta\theta_{gd})_{34n}=0.001$			
$(\Delta\theta_{gd})_{34p}=0.027$	$(n_o)_{34p}=1.571$	$\phi_1/\phi_w=0.140$		
$ \phi_2/\phi_w =0.707$	$\phi_3/\phi_w=0.199$	$\phi_4/\phi_w=0.389$		
$ \phi_{42}/\phi_w =0.344$	$ \phi_{42}/\phi_{41} =0.564$			

【0069】実施例3

$f=9.150 \sim 25.430 \sim 71.943$	$F/2.0$
$2\omega=50.125^\circ \sim 17.851^\circ \sim 6.284^\circ$	
$r_1=67.3534$	
$d_1=1.8000$	$n_1=1.80642$
$r_2=41.7227$	$v_1=34.97$
$d_2=5.3000$	$\Delta\theta_{gd}=0.0003$
$r_3=-310.9797$	
$d_3=0.1000$	
$r_4=36.7193$	
$d_4=3.9573$	$n_2=1.43985$
$r_5=204.0192$	$v_2=94.97$
$d_5=D_1$ (可変)	$\Delta\theta_{gd}=0.0622$
$r_6=-176.6655$	
$d_6=1.0000$	$n_3=1.43985$
$r_7=12.9811$	$v_3=94.97$
$d_7=3.7851$	$\Delta\theta_{gd}=0.0622$
	$v_4=58.52$
	$\Delta\theta_{gd}=-0.0050$

19

20

$r_8 = -24.9700$
 $d_8 = 1.0000 \quad n_5 = 1.65425 \quad v_5 = 58.52 \quad \Delta \theta_{gd} = -0.0050$
 $r_9 = 68.5111$
 $d_9 = 0.2000$
 $r_{10} = 28.4668$
 $d_{10} = 2.8000 \quad n_6 = 1.84281 \quad v_6 = 21.00 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0356$
 $r_{11} = 190.5820$
 $d_{11} = D_2 \quad (\text{可変})$
 $r_{12} = \infty \quad (\text{絞り})$
 $d_{12} = 1.1000$
 $r_{13} = 15.2088 \quad (\text{非球面})$
 $d_{13} = 3.8000 \quad n_7 = 1.57098 \quad v_7 = 71.30 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0266$
 $r_{14} = -55.0074$
 $r_{15} = 37.4721$
 $d_{15} = D_3 \quad (\text{可変})$
 $r_{16} = 22.0013 \quad (\text{非球面})$
 $d_{16} = 2.8000 \quad n_9 = 1.57098 \quad v_9 = 71.30 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0266$
 $r_{17} = 802.9020$
 $d_{17} = 0.1000$
 $r_{18} = 24.9962$
 $d_{18} = 1.0000 \quad n_{10} = 1.75453 \quad v_{10} = 35.27 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0036$
 $r_{19} = 17.2865$
 $d_{19} = 2.8000 \quad n_{11} = 1.57098 \quad v_{11} = 71.30 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0266$
 $r_{20} = -53.7034$
 $d_{20} = 0.1000$
 $r_{21} = 13.9402$
 $d_{21} = 1.3321 \quad n_{12} = 1.63004 \quad v_{12} = 35.70 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0002$
 $r_{22} = 8.5579$

非球面係数

(第 1 3 面) $A_4 = -0.27966 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.87535 \times 10^{-7}$ $A_8 = -0.15668 \times 10^{-9}$ (第 1 6 面) $A_4 = -0.54064 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.98203 \times 10^{-8}$ $A_8 = -0.16407 \times 10^{-9}$

$f \quad 9.150 \quad 25.430 \quad 71.943$
 $D_1 \quad 1.5000 \quad 22.8193 \quad 39.2193$
 $D_2 \quad 39.7158 \quad 18.3971 \quad 2.0017$
 $D_3 \quad 7.6660 \quad 3.2561 \quad 2.8387$
 $1 / (v_d)_{1n} = 0.029, \quad 1 / (v_d)_{1p} = 0.011, \quad (\Delta \theta_{gd})_{1n} = 0.000$
 $(\Delta \theta_{gd})_{1p} = 0.062, \quad 1 / (v_d)_{2n} = 0.017, \quad 1 / (v_d)_{2p} = 0.048$
 $(\Delta \theta_{gd})_{2n} = -0.005, \quad (\Delta \theta_{gd})_{2p} = 0.036, \quad 1 / (v_d)_{34n} = 0.028$
 $1 / (v_d)_{34p} = 0.014, \quad (\Delta \theta_{gd})_{34n} = 0.002$
 $(\Delta \theta_{gd})_{34p} = 0.027, \quad (n_e)_{34p} = 1.571, \quad \phi_1 / \phi_w = 0.131$
 $|\phi_2 / \phi_w| = 0.605, \quad \phi_3 / \phi_w = 0.193, \quad \phi_4 / \phi_w = 0.319$
 $|\phi_{42} / \phi_w| = 0.235, \quad |\phi_{42} / \phi_{41}| = 0.484$

【0070】実施例 4

$f = 8.938 \sim 25.441 \sim 71.978, \quad F / 2.0$
 $2\omega = 49.346^\circ \sim 17.658^\circ \sim 6.204^\circ$
 $r_1 = 94.8594$
 $d_1 = 1.8000 \quad n_1 = 1.85649 \quad v_1 = 32.28 \quad \Delta \theta_{gd} = 0.0022$
 $r_2 = 52.0731$

21			22
$d_2 = 5.5535$	$n_2 = 1.43985$	$v_2 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_3 = -330.4893$			
$d_3 = 0.1000$			
$r_4 = 44.1397$			
$d_4 = 4.1218$	$n_3 = 1.43985$	$v_3 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_5 = 175.9434$			
$d_5 = 0.1000$			
$r_6 = 40.1589$			
$d_6 = 3.9902$	$n_4 = 1.43985$	$v_4 = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_7 = 145.1529$			
$d_7 = D_1$ (可変)			
$r_8 = 609.3378$			
$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62033$	$v_5 = 63.38$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0070$
$r_9 = 10.5608$			
$d_9 = 4.4739$			
$r_{10} = -44.5113$			
$d_{10} = 1.0000$	$n_6 = 1.62033$	$v_6 = 63.38$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0070$
$r_{11} = 35.1888$			
$d_{11} = 0.1688$			
$r_{12} = 17.3152$			
$d_{12} = 0.9992$	$n_7 = 1.84281$	$v_7 = 21.00$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0356$
$r_{13} = 30.9795$			
$d_{13} = D_2$ (可変)			
$r_{14} = \infty$ (絞り)			
$d_{14} = 1.1000$			
$r_{15} = -17.9714$ (非球面)			
$d_{15} = 1.2101$	$n_8 = 1.62033$	$v_8 = 63.38$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0070$
$r_{16} = -28.9343$			
$d_{16} = 0.1000$			
$r_{17} = 25.1740$			
$d_{17} = 1.6914$	$n_9 = 1.60520$	$v_9 = 65.48$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0059$
$r_{18} = -67.6119$			
$d_{18} = 0.8091$	$n_{10} = 1.64419$	$v_{10} = 34.48$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0016$
$r_{19} = -282.2911$			
$d_{19} = D_3$ (可変)			
$r_{20} = 288.5352$ (非球面)			
$d_{20} = 3.6317$	$n_{11} = 1.43985$	$v_{11} = 94.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0622$
$r_{21} = -21.9444$			
$d_{21} = 0.1000$			
$r_{22} = 16.6233$			
$d_{22} = 1.0000$	$n_{12} = 1.69417$	$v_{12} = 31.08$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0024$
$r_{23} = 9.4208$			
$d_{23} = 5.0129$	$n_{13} = 1.62033$	$v_{13} = 63.38$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0070$
$r_{24} = -76.6563$			
$d_{24} = 0.1000$			
$r_{25} = 18.2512$			
$d_{25} = 1.3824$	$n_{14} = 1.63004$	$v_{14} = 35.70$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0002$
$r_{26} = 9.9560$			

非球面係数

(第15面) $A_4 = -0.28298 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.90598 \times 10^{-7}$

$$A_s = -0.75613 \times 10^{-9}$$

$$(\text{第 } 20 \text{ 面}) A_4 = -0.64725 \times 10^{-4}, A_6 = -0.55523 \times 10^{-7}$$

$$A_s = -0.13010 \times 10^{-9}$$

$$\begin{aligned} f & 8.938 & 25.441 & 71.978 \\ D_1 & 1.5000 & 19.8080 & 33.9524 \\ D_2 & 33.4539 & 15.1482 & 1.0044 \\ D_3 & 8.7909 & 6.7174 & 13.6922 \\ 1 / (\nu_d)_{1n} & = 0.031, & 1 / (\nu_d)_{1p} & = 0.011, & (\Delta \theta_{gd})_{1n} & = 0.002 \\ (\Delta \theta_{gd})_{1p} & = 0.062, & 1 / (\nu_d)_{2n} & = 0.016, & 1 / (\nu_d)_{2p} & = 0.048 \\ (\Delta \theta_{gd})_{2n} & = 0.007, & (\Delta \theta_{gd})_{2p} & = 0.036, & 1 / (\nu_d)_{34n} & = 0.024 \\ 1 / (\nu_d)_{34p} & = 0.013, & (\Delta \theta_{gd})_{34n} & = 0.003 \\ (\Delta \theta_{gd})_{34p} & = 0.025, & (n_e)_{34p} & = 1.555, & \phi_1 / \phi_w & = 0.157 \\ |\phi_2 / \phi_w| & = 0.629, & \phi_3 / \phi_w & = 0.124, & \phi_4 / \phi_w & = 0.395 \\ |\phi_{42} / \phi_w| & = 0.241, & |\phi_{42} / \phi_{41}| & = 0.435 \end{aligned}$$

【0071】実施例5

$$\begin{aligned} f & = 9.304 \sim 25.457 \sim 71.964, & F / 2.0 \\ 2\omega & = 49.471^\circ \sim 17.846^\circ \sim 6.262^\circ \\ r_1 & = 69.3098 \\ d_1 & = 1.8000 & n_1 & = 1.85649 & \nu_1 & = 32.28 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0022 \\ r_2 & = 43.4214 \\ d_2 & = 5.1245 & n_2 & = 1.49845 & \nu_2 & = 81.61 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0364 \\ r_3 & = -460.3535 \\ d_3 & = 0.1000 \\ r_4 & = 37.6226 \\ d_4 & = 4.0485 & n_3 & = 1.43985 & \nu_3 & = 94.97 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0622 \\ r_5 & = 185.5159 \\ d_5 & = D_1 \text{ (可変)} \\ r_6 & = -251.4932 \\ d_6 & = 1.0000 & n_4 & = 1.60548 & \nu_4 & = 60.70 & \Delta \theta_{gd} & = -0.0032 \\ r_7 & = 12.5818 \\ d_7 & = 4.6702 \\ r_8 & = -23.2644 \\ d_8 & = 1.0000 & n_5 & = 1.60548 & \nu_5 & = 60.70 & \Delta \theta_{gd} & = -0.0032 \\ r_9 & = 75.0852 \\ d_9 & = 0.1433 \\ r_{10} & = 28.1893 \\ d_{10} & = 2.0000 & n_6 & = 1.84281 & \nu_6 & = 21.00 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0356 \\ r_{11} & = 114.7892 \\ d_{11} & = D_2 \text{ (可変)} \\ r_{12} & = \infty \text{ (絞り)} \\ d_{12} & = 1.1000 \\ r_{13} & = 16.8270 \text{ (非球面)} \\ d_{13} & = 3.0702 & n_7 & = 1.57098 & \nu_7 & = 71.30 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0266 \\ r_{14} & = -45.9010 \text{ (非球面)} \\ d_{14} & = 0.8305 \\ r_{15} & = -29.2714 \\ d_{15} & = 0.8000 & n_8 & = 1.64419 & \nu_8 & = 34.48 & \Delta \theta_{gd} & = 0.0016 \\ r_{16} & = 163.1174 \\ d_{16} & = D_3 \text{ (可変)} \\ r_{17} & = 38.0917 \text{ (非球面)} \end{aligned}$$

25			26
$d_{17}=2.0000$	$n_9=1.57098$	$\nu_9=71.30$	$\Delta\theta_{gd}=0.0266$
$r_{18}=-35.1200$			
$d_{18}=0.1000$			
$r_{19}=16.2153$			
$d_{19}=1.0000$	$n_{10}=1.80642$	$\nu_{10}=34.97$	$\Delta\theta_{gd}=0.0003$
$r_{20}=10.0172$			
$d_{20}=4.2918$	$n_{11}=1.57098$	$\nu_{11}=71.30$	$\Delta\theta_{gd}=0.0266$
$r_{21}=-51.0748$			
$d_{21}=0.1000$			
$r_{22}=66.1152$			
$d_{22}=1.3243$	$n_{12}=1.60548$	$\nu_{12}=60.70$	$\Delta\theta_{gd}=-0.0032$
$r_{23}=10.9915$			

非球面係数

$$(\text{第13面}) A_4 = -0.17119 \times 10^{-4}, A_6 = -0.77526 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -0.61292 \times 10^{-9}$$

$$(\text{第14面}) A_4 = -0.47301 \times 10^{-6}, A_6 = -0.11792 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -0.11550 \times 10^{-8}$$

$$(\text{第17面}) A_4 = -0.62049 \times 10^{-4}, A_6 = -0.19478 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -0.39877 \times 10^{-9}$$

f	9.304	25.457	71.964
D_1	1.5000	22.7213	39.7359
D_2	39.7305	18.5090	1.5000
D_3	9.1586	5.3246	6.9050
$1/(\nu_d)_{1n}$	$=0.031$		$1/(\nu_d)_{1p}=0.011, (\Delta\theta_{gd})_{1n}=0.002$
$(\Delta\theta_{gd})_{1p}$	$=0.049$		$1/(\nu_d)_{2n}=0.017, 1/(\nu_d)_{2p}=0.048$
$(\Delta\theta_{gd})_{2n}$	$=-0.003, (\Delta\theta_{gd})_{2p}=0.036$		$1/(\nu_d)_{34n}=0.023$
$1/(\nu_d)_{34p}$	$=0.014, (\Delta\theta_{gd})_{34n}=-0.000$		
$(\Delta\theta_{gd})_{34p}$	$=0.027, (n_e)_{34p}=1.571, \phi_1/\phi_w=0.134$		
$ \phi_2/\phi_w $	$=0.598, \phi_3/\phi_w=0.208, \phi_4/\phi_w=0.319$		
$ \phi_{42}/\phi_w $	$=0.423, \phi_{42}/\phi_{41} =0.686$		

【0072】実施例6

$f=9.015 \sim 25.458 \sim 72.000, F/2.0$			
$2\omega=50.789^\circ \sim 18.205^\circ \sim 6.307^\circ$			
$r_1=140.8301$			
$d_1=2.5000$	$n_1=1.81264$	$\nu_1=25.43$	$\Delta\theta_{gd}=0.0165$
$r_2=78.8473$			
$d_2=1.0000$			
$r_3=106.3821$			
$d_3=4.1253$	$n_2=1.43985$	$\nu_2=94.97$	$\Delta\theta_{gd}=0.0622$
$r_4=-248.1614$			
$d_4=0.1500$			
$r_5=47.1352$			
$d_5=5.8436$	$n_3=1.43985$	$\nu_3=94.97$	$\Delta\theta_{gd}=0.0622$
$r_6=620.9556$			
$d_6=0.1500$			
$r_7=33.7548$			
$d_7=4.0084$	$n_4=1.43985$	$\nu_4=94.97$	$\Delta\theta_{gd}=0.0622$
$r_8=60.1247$			
$d_8=D_1$	(可変)		
$r_9=67.2809$			

27			28
$d_9 = 1.5000$	$n_5 = 1.60548$	$v_5 = 60.70$	$\Delta \theta_{gd} = -0.0032$
$r_{10} = 14.5860$			
$d_{10} = 11.3750$			
$r_{11} = -19.6696$			
$d_{11} = 1.5000$	$n_6 = 1.60548$	$v_6 = 60.70$	$\Delta \theta_{gd} = -0.0032$
$r_{12} = 20.4105$			
$d_{12} = 0.1500$			
$r_{13} = 20.6872$			
$d_{13} = 4.0032$	$n_7 = 1.84281$	$v_7 = 21.00$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0356$
$r_{14} = 67.4603$			
$d_{14} = D_2$ (可変)			
$r_{15} = \infty$ (絞り)			
$r_{16} = 155.3540$			
$d_{16} = 2.5000$	$n_8 = 1.57098$	$v_8 = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{17} = -34.2982$			
$d_{17} = 0.1500$			
$r_{18} = 14.8060$			
$d_{18} = 2.5000$	$n_9 = 1.57098$	$v_9 = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{19} = -191.1452$			
$d_{19} = 0.8527$			
$r_{20} = -27.3848$			
$d_{20} = 1.2000$	$n_{10} = 1.80642$	$v_{10} = 34.97$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0003$
$r_{21} = 50.6393$			
$d_{21} = D_3$ (可変)			
$r_{22} = 65.3893$			
$d_{22} = 2.8000$	$n_{11} = 1.57098$	$v_{11} = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{23} = -19.3708$			
$d_{23} = 0.1500$			
$r_{24} = 20.3762$			
$d_{24} = 7.0318$	$n_{12} = 1.57098$	$v_{12} = 71.30$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0266$
$r_{25} = -111.1751$			
$d_{25} = 0.9735$			
$r_{26} = -17.4860$			
$d_{26} = 1.2000$	$n_{13} = 1.85649$	$v_{13} = 32.28$	$\Delta \theta_{gd} = 0.0022$
$r_{27} = -109.6380$			
f	9.015	25.458	72.000
D_1	1.4000	18.9748	32.8362
D_2	33.7987	15.3195	2.3984
D_3	7.0203	4.9939	8.1918
$1 / (v_d)_{1n} = 0.039$	$1 / (v_d)_{1p} = 0.011$	$(\Delta \theta_{gd})_{1n} = 0.017$	
$(\Delta \theta_{gd})_{1p} = 0.062$	$1 / (v_d)_{2n} = 0.017$	$1 / (v_d)_{2p} = 0.048$	
$(\Delta \theta_{gd})_{2n} = -0.003$	$(\Delta \theta_{gd})_{2p} = 0.036$	$1 / (v_d)_{34n} = 0.030$	
$1 / (v_d)_{34p} = 0.014$	$(\Delta \theta_{gd})_{34n} = 0.001$		
$(\Delta \theta_{gd})_{34p} = 0.027$	$(n_e)_{34p} = 1.571$	$\phi_1 / \phi_w = 0.144$	
$ \phi_2 / \phi_w = 0.695$	$\phi_3 / \phi_w = 0.209$	$\phi_4 / \phi_w = 0.387$	
$ \phi_{42} / \phi_w = 0.369$	$ \phi_{42} / \phi_{41} = 0.596$		

ただし r_1, r_2, \dots はレンズ各面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの中心肉厚およびレンズ間隔、 n_1, n_2, \dots は各レンズのe線の屈折率、 v_1, v_2, \dots は各レンズのd線のアッペ数である。

【0073】実施例1は図1に示す通りの構成で、物体側から順に、正の屈折力を有しズーミングに際して固定である第1レンズ群と、負の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を単調に移動して変倍機能を持つ第2レン

ズ群と、正の屈折力を有しズーミングに際して固定である第3レンズ群と、正の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を前後に移動して像面位置の調整を行なう第4レンズ群とからなるレンズ系である。又各レンズ群は、第1レンズ群が物体側から順に、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ2枚とよりなり、第2レンズ群が、物体側より順に、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと両凹レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとよりなり、第3レンズ群が、物体側より順に、絞り、と、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと負の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凹レンズとからなり、第4レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力の強い方の面を像側に向けた両凸レンズと、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと、凸面を像側に向けた負のメニスカスレンズとよりなっている。

【0074】この実施例1のズームレンズの収差状況は、図7、図8、図9に示す通りであって、簡単な構成でありながら極めて高い光学性能を有しており、特に色収差が良好に補正されていることがわかる。

【0075】実施例2は、図2に示す通りの構成で、実施例1と同様の構成のレンズ系である。図2においてレンズ系と撮像面との間に配置されている平面板は、色フィルターやローパスフィルター等の光学素子を表わしている。

【0076】この実施例2の収差状況は、図10、図11、図12に示す通りである。

【0077】実施例3は、図3に示すレンズ構成で、物体側から順に、正の屈折力を有しズーミングに際して固定である第1レンズ群と、負の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を単調に移動し変倍機能を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有しズーミングに際して固定である第3レンズ群と、正の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を前後に移動して像面位置の調整を行なう第4レンズ群とよりなる。又第1レンズ群は、物体側より順に、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと正の屈折力の強い方の面を物体側へ向けた両凸レンズとを貼合わせた接合レンズと、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなり、第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力の強い方の面を像側に向けた両凹レンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなり、第3レンズ群は、物体側から順に、絞り、と、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと両凹レンズとを貼合わせた接合レンズとよりなり、第4レンズ群は、物体側から順に、凸面を物体側に向けた正のメニスカスレンズと、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと両凸レンズとを接合した接合レンズと、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレ

ンズとからなり、第13面と第16面が、下記の式にて表わされる形状の非球面である。

$$z = \frac{(1/r)y^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)(y/r)^2}} + a_1 y^4 + a_2 y^6 + a_3 y^8 + a_4 y^{10} + \dots$$

【0078】ただし光軸方向をz軸方向にとり、光軸に垂直な方向y軸方向にとる。又rは非球面の近軸曲率半径、Kは円錐定数、 a_i は非球面係数である。

【0079】この実施例3のレンズ系は、非球面を採用することによって、収差補正の自由度を増やし、レンズ系の全長を短くしたもので、実施例1、2が全長が約120mmであるのに対して、実施例では光学的全長が約100mmである。

【0080】この実施例3の収差状況は、図13、図14、図15に示す通りである。

【0081】実施例4は、図4に示す通りの構成で物体側より順に、正の屈折力を有しズーミングに際して固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を単調に移動して変倍機能を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有しズーミングに際して光軸上を前後に移動して像面位置の調整を行なう第4レンズ群とからなる。そして第1レンズ群は物体側から順に、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズとを貼り合わせた接合レンズと、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ2枚とからなり、第2レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと、両凸レンズと、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなり、第3レンズ群は、物体側から順に、絞り、と、凸面を像側に向けた負のメニスカスレンズと、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと凸面を像側に向けた負のメニスカスレンズとを接合した接合レンズとよりなり、第4レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力の強い方の面を像側に向けた正レンズと、凸面を物体側に向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとを接合した接合レンズと、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズとよりなり、第15面と第20面とが非球面である。

【0082】この実施例4は、実施例3と同様の仕様であるが、第1レンズ群の正レンズの枚数を増やして特に広角端での歪曲収差の発生を抑制し、これによる第1レンズ群で発生する球面収差やコマ収差を第3レンズ群に負レンズを2枚配置することによって補正するようにした。

【0083】この実施例4の収差状況は、図16、図17、図18に示す通りである。

【0084】実施例5は図5に示す通りで、実施例3とは、第3レンズ群が、物体側から順に、絞り、と、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと、負の

屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凹レンズとからなり、又第4レンズ群が、物体側から順に、両凸レンズと、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズと両凸レンズとを貼合わせた接合レンズと、凸面を物体側に向けた負のメニスカスレンズとからなっている点で相違する。又この実施例5では、第13面、第14面、第17面の3面が非球面である。

【0085】この実施例5は、実施例3と比較して、非球面の数を増やしたことにより広角端から望遠端にかけての球面収差、コマ収差、非点収差等の変動が一層少なくなっている。

【0086】実施例5の収差状況は、図19、図20、図21に示す通りである。

【0087】実施例6は、図6に示す構成のレンズ系で、第3レンズ群と第4レンズ群がともにズームングに際して光軸上を移動して像面位置の補正を行なっている点と、第3レンズ群が、物体側より順に、絞りと、正の屈折力の強い方の面を像側に向けた両凸レンズと、正の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凸レンズと、負の屈折力の強い方の面を物体側に向けた両凹レンズとからなる点において実施例1と相違している。この実施例は、可動群を増やしたことによって収差補正能力を大にし、実施例2ないし4のように非球面を用いることなくレンズ系の全長を実施例1に比較して短くした。

【0088】実施例6の収差状況は、図22、図23、図24に示す通りである。

【0089】本発明において、特許請求の範囲に記載されたレンズ系の他、下記の各項に記載されたものも発明の目的を達成するレンズ系である。

【0090】(1) 特許請求の範囲の請求項1、2又は3に記載されているレンズ系で、第1レンズ群及び第3レンズ群が変倍の際に光軸上に固定であるズームレンズ。

【0091】(2) 前記(1)の項に記載されているレンズ系で、像位置補正のために第4レンズ群が全体として光軸上を移動するズームレンズ。

【0092】(3) 特許請求の範囲の請求項1又は2あるいは前記(1)又は(2)の項に記載されているレンズ系で、下記条件(14)乃至(17)のいずれかを単独で又は複数の組合わせとして満足するズームレンズ。

$$(14) \quad 0.10 < \phi_1 / \phi_w < 0.21$$

$$(15) \quad 0.54 < |\phi_2 / \phi_w| < 0.76$$

$$(16) \quad 0.10 < \phi_3 / \phi_w < 0.26$$

$$(17) \quad 0.26 < \phi_4 / \phi_w < 0.45$$

【0093】(4) 特許請求の範囲の請求項3あるいは前記(1)又は(2)の項に記載されているレンズ系で、第4レンズ群が正の屈折力の第41レンズ群と負の屈折力の第42レンズ群とからなり、下記の条件(18)および/又は条件(19)を満足するズームレン

ズ。

$$(18) \quad 0.19 < |\phi_{42} / \phi_w| < 0.48$$

$$(19) \quad 0.38 < |\phi_{42} / \phi_{41}| < 0.74$$

【0094】(5) 前記(4)の項に記載されているレンズ系で、条件(14)乃至(17)を満足するズームレンズ。

$$(14) \quad 0.10 < \phi_1 / \phi_w < 0.21$$

$$(15) \quad 0.54 < |\phi_2 / \phi_w| < 0.76$$

$$(16) \quad 0.10 < \phi_3 / \phi_w < 0.26$$

$$(17) \quad 0.26 < \phi_4 / \phi_w < 0.45$$

【0095】(6) 特許請求の範囲の請求項1あるいは前記(1)又は(2)に記載されているレンズ系で、下記の条件(4)乃至(7)を満足するズームレンズ。

$$(4) \quad 0.014 < 1 / (v_d)_{2n} < 0.017$$

$$(5) \quad -0.01 < (\Delta \theta_{gd})_{2n} < 0.01$$

$$(6) \quad 0.030 < 1 / (v_d)_{2p}$$

$$(7) \quad 0.015 < (\Delta \theta_{gd})_{2p}$$

【0096】(7) 特許請求の範囲の請求項1又は2あるいは前記(1)、(2)又は(4)の項に記載されているレンズ系で、下記の条件(8)乃至(11)を満足するズームレンズ。

$$(8) \quad 0.020 < 1 / (v_d)_{34n} < 0.033$$

$$(9) \quad -0.01 < (\Delta \theta_{gd})_{34n} < 0.01$$

$$(10) \quad 0 < 1 / (v_d)_{34p} < 0.0166$$

$$(11) \quad 0.02 < (\Delta \theta_{gd})_{34p}$$

【0097】

【発明の効果】本発明のズームレンズは、比較的簡単なズーム構成でありながら、撮像管や固体撮像素子等を用いた電子カメラ特に近年の高精細画像を取込む用途に適した画素数の多い撮像素子を用いた電子カメラに最適な高い光学性能で小型なレンズ系になし得たものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の構成を示す図

【図2】本発明の実施例2の構成を示す図

【図3】本発明の実施例3の構成を示す図

【図4】本発明の実施例4の構成を示す図

【図5】本発明の実施例5の構成を示す図

【図6】本発明の実施例6の構成を示す図

【図7】本発明の実施例1の広角端における収差曲線図

【図8】本発明の実施例1の中間焦点距離における収差曲線図

【図9】本発明の実施例1の望遠端における収差曲線図

【図10】本発明の実施例2の広角端における収差曲線図

【図11】本発明の実施例2の中間焦点距離における収差曲線図

【図12】本発明の実施例2の望遠端における収差曲線図

【図13】本発明の実施例3の広角端における収差曲線

図

【図 1 4】本発明の実施例 3 の中間焦点距離における収差曲線図

【図 1 5】本発明の実施例 3 の望遠端における収差曲線図

【図 1 6】本発明の実施例 4 の広角端における収差曲線図

【図 1 7】本発明の実施例 4 の中間焦点距離における収差曲線図

【図 1 8】本発明の実施例 4 の望遠端における収差曲線図 10

【図 1 9】本発明の実施例 5 の広角端における収差曲線図

図

【図 2 0】本発明の実施例 5 の中間焦点距離における収差曲線図

【図 2 1】本発明の実施例 5 の望遠端における収差曲線図

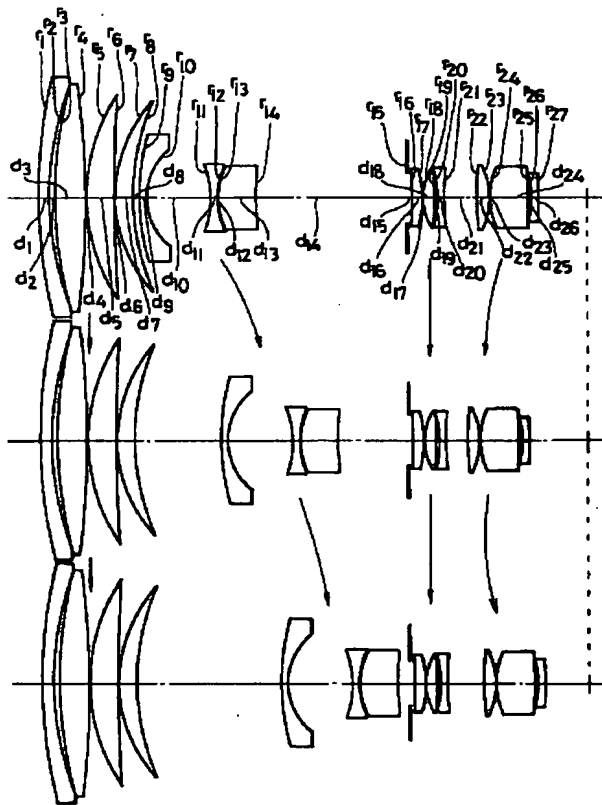
【図 2 2】本発明の実施例 6 の広角端における収差曲線図

【図 2 3】本発明の実施例 6 の中間焦点距離における収差曲線図

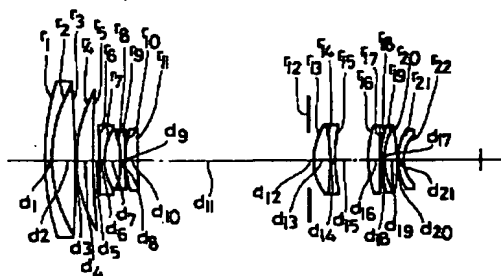
【図 2 4】本発明の実施例 6 の望遠端における収差曲線図

【図 2 5】 $\theta_{gd}-v_d$ グラフ

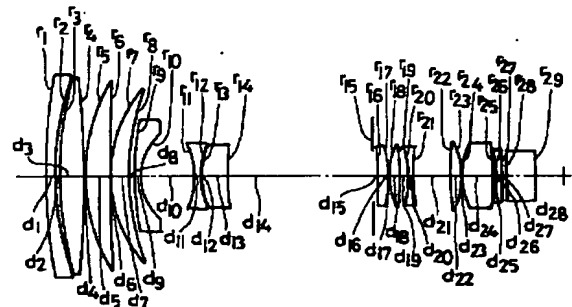
【図 1】



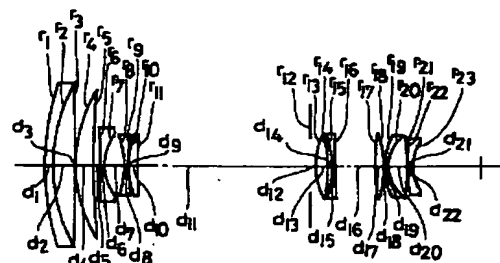
【図 3】



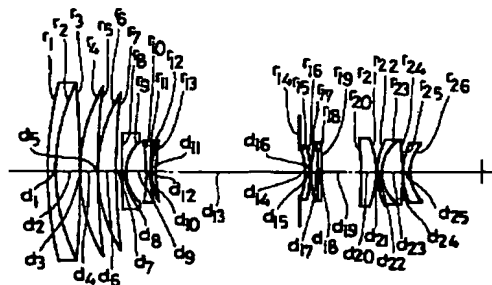
【図 2】



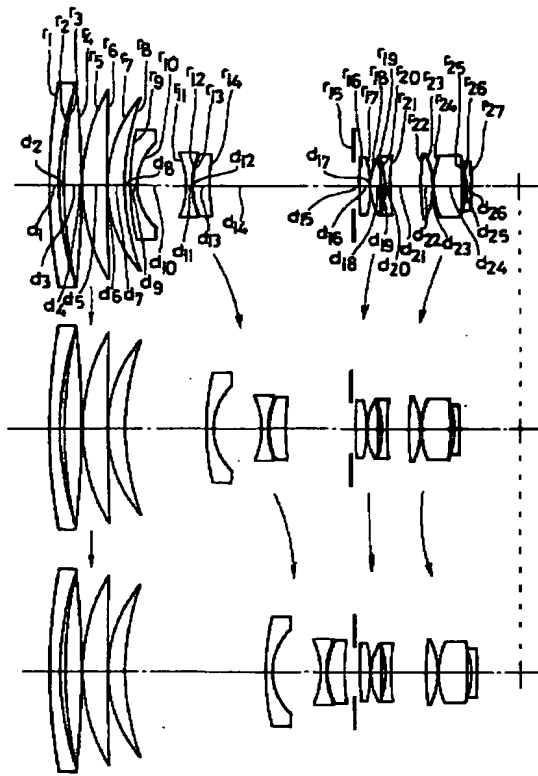
【図 5】



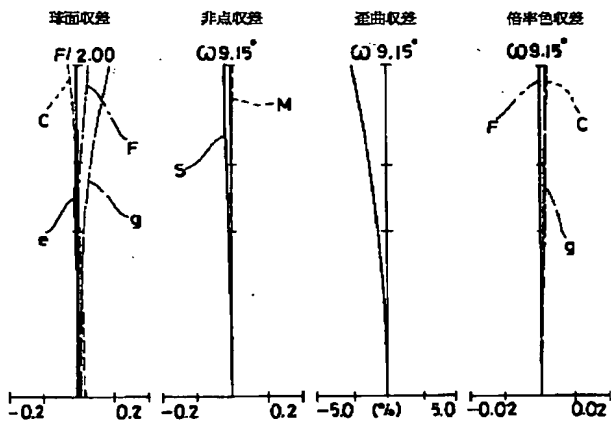
【図 4】



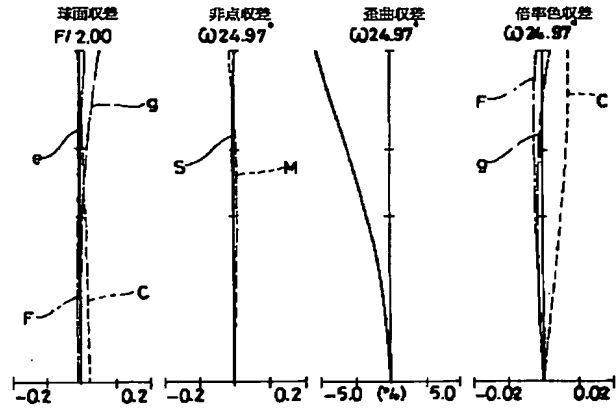
【図6】



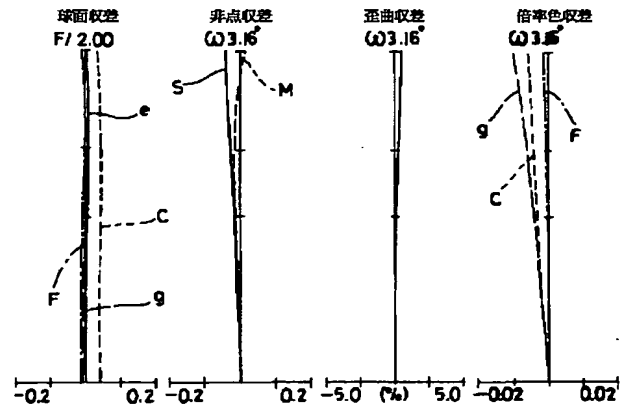
【図8】



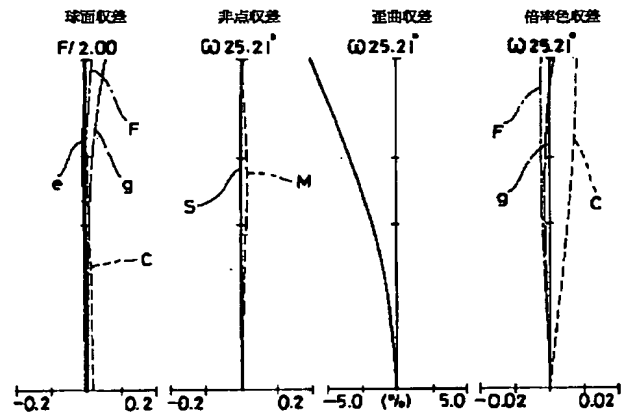
【図7】



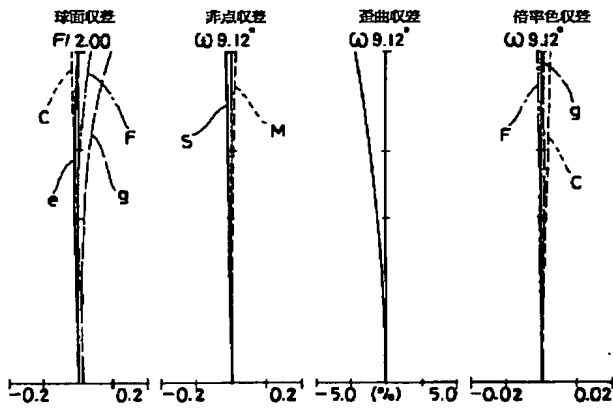
【図9】



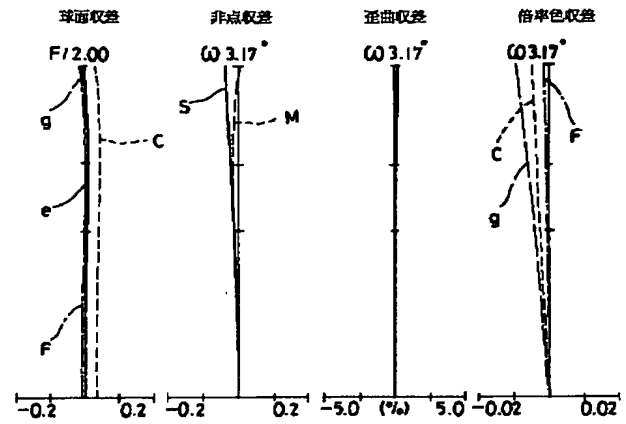
【図10】



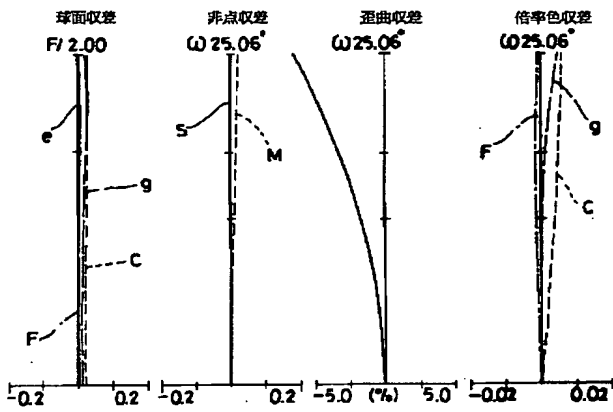
【図11】



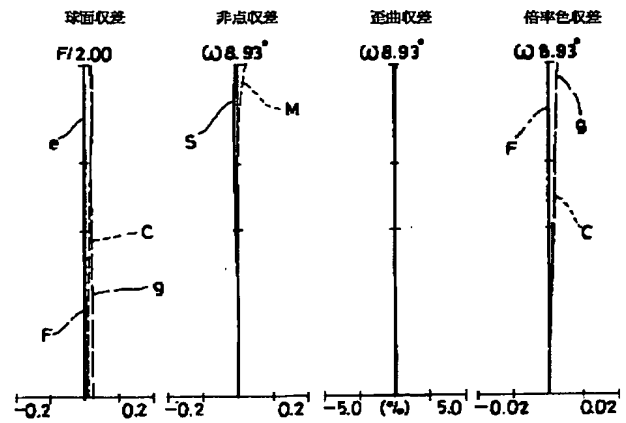
【図12】



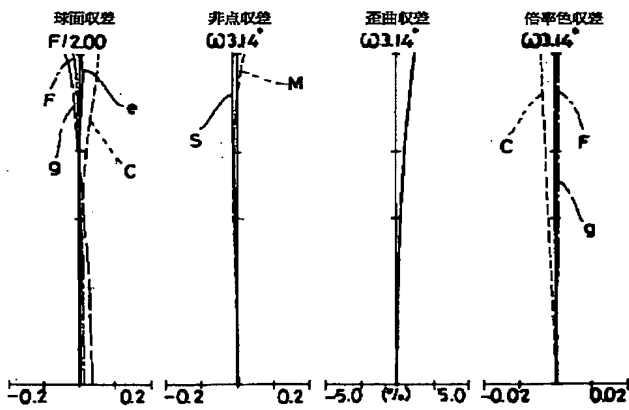
【図13】



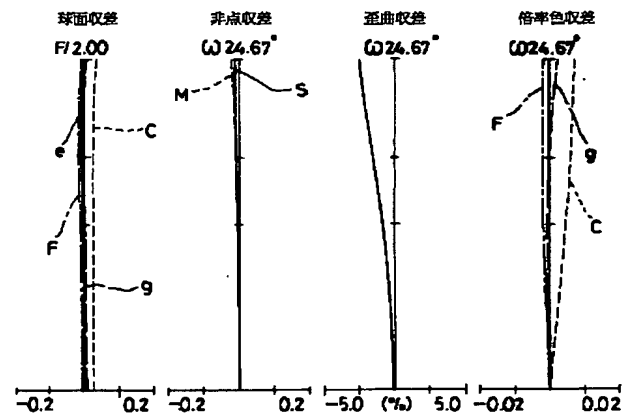
【図14】



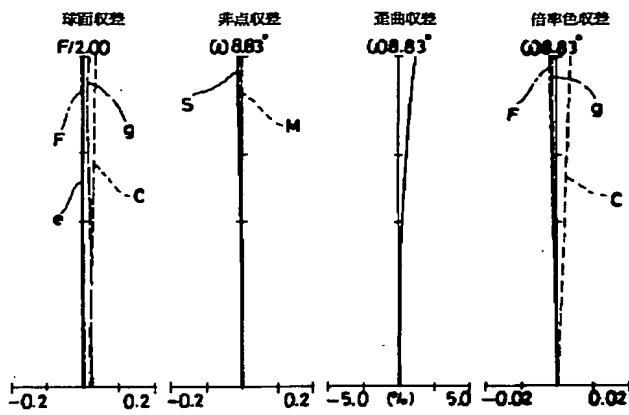
【図15】



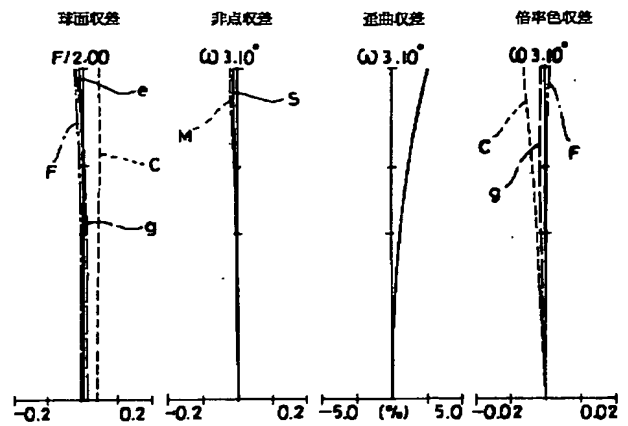
【図16】



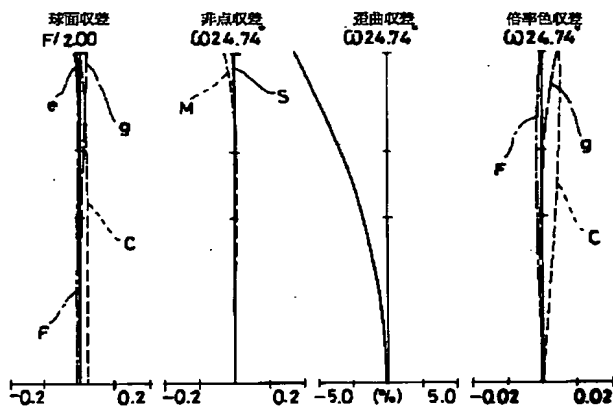
【図17】



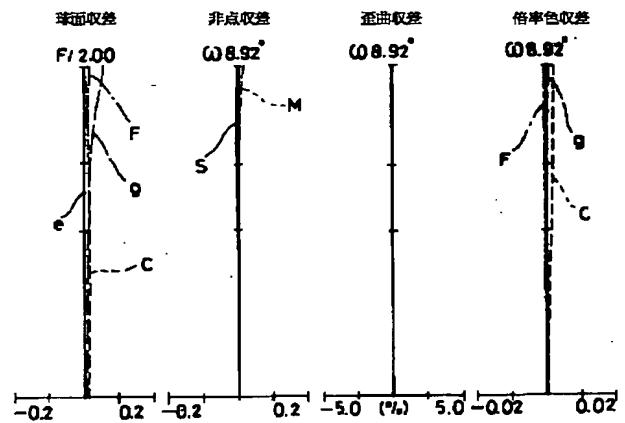
【図18】



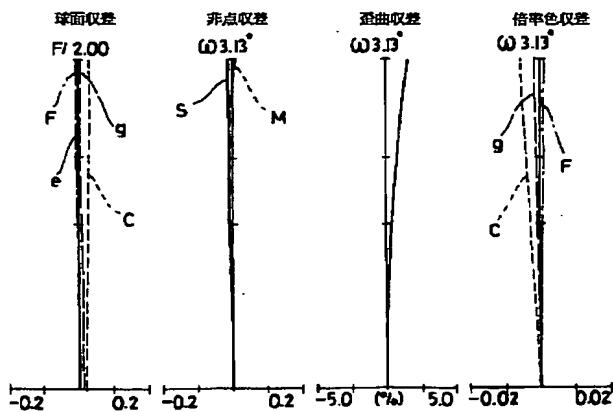
【図19】



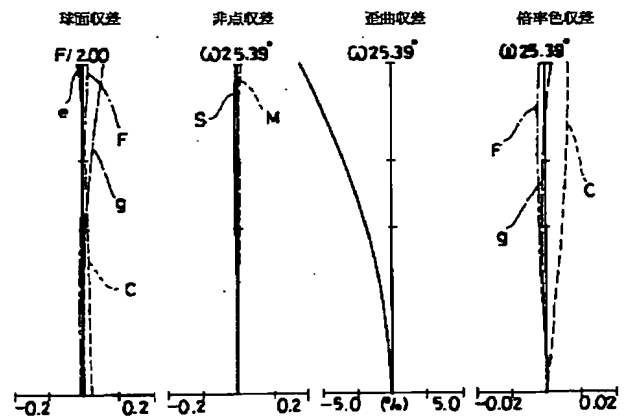
【図20】



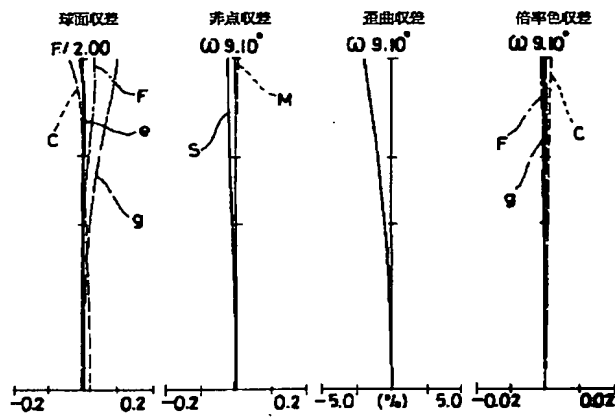
【図21】



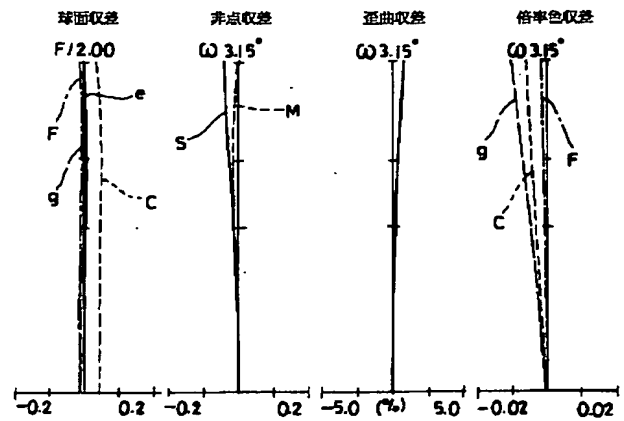
【図22】



【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】

